

ГУСАК Юрій Аркадійович,

доктор військових наук, професор,
Національний університет оборони України, Київ, Україна,
<https://orcid.org/0000-0002-3423-2112>

СТАРИНСЬКИЙ Іван Михайлович,

кандидат технічних наук,
Національний університет оборони України, Київ, Україна,
<https://orcid.org/0000-0003-2001-7718>

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ОПЕРАТИВНИМ УГРУПОВУВАННЯМ ВІЙСЬК

Мета статті. У статті запропонована імітаційна модель ієрархічної системи управління військами, в основу якої покладені положення та основні методи теорії управління. Як відомо, побудова ефективної системи управління військами є пріоритетним завданням оборонної реформи, що триває в Україні. На погляд авторів, однією з основних передумов для створення системи управління військами, яка б відповідала сучасним вимогам, є розроблення та використання адекватного методичного апарату стосовно досліджень варіантів побудови систем управління військами.

Методи дослідження. Проведений аналіз показав, що методичний апарат, який використовується в наукових установах Збройних Сил України для дослідження процесів управління військами, з метою обґрунтування шляхів та способів вдосконалення існуючої системи, не базується на єдиній математичній моделі процесу управління військами та відсутня відповідна імітаційна модель. Внаслідок цього не забезпечується дотримання єдиної ідеології обґрунтування вимог до такої системи, що призводить до отримання лише переліку показників оцінювання та їх потрібних значень, обґрунтування яких зазвичай здійснюється з використанням методів експертних оцінок. Під час проведення дослідження використано методи теорії управління, зокрема, комплексний метод багатопараметричної ідентифікації, імітаційне моделювання та комбінований метод оптимізації рішень.

Отримані результати дослідження. Основним науковим завданням статті є розробка імітаційної моделі для дослідження ієрархічних систем управління військами, що дає змогу підвищити ефективність управлінських процесів завдяки чіткому обґрунтуванню структурних вимог до кожного рівня управління.

Елементи наукової новизни. Авторами запропоновано навести процес управління військами у вигляді імітаційної моделі, в якій процеси управління описуються методами та алгоритмами, що використовуються в теорії управління. Розглянута сутність розробленої імітаційної моделі, що базується на дискретно-ситуаційному методі моделювання, дає змогу здійснювати оцінювання функціонування будь-якої системи управління військами. Модель реалізована на ПЕОМ з використанням пакету програм MATLAB. Наведені результати її застосування для оцінювання деяких варіантів побудови системи управління військами.

Теоретична та практична значущість статті. Використання запропонованої моделі, за проведення наукових досліджень щодо вдосконалення системи управління військами, дасть змогу значно підвищити ступінь обґрунтованості відповідних пропозицій та рекомендацій. Практична значущість дослідження зводиться до можливості застосування отриманих результатів для удосконалення процесів управління угрупованнями військ. Імітаційна модель може бути використана для оптимізації структури управління збройними силами, а також для розробки практичних рекомендацій щодо раціонального розподілу управлінських функцій та підвищення ефективності виконання завдань на всіх рівнях управління військами.

Ключові слова: система управління військами, імітаційне моделювання, багаторівнева ієрархічна структура, теорія управління, оптимізація рішень, математична модель, аналіз процесів управління, адаптивність управлінських рішень.

Вступ

Постановка проблеми. Одним із пріоритетних завдань оборонної реформи України на сучасному етапі є створення ефективної системи управління військами (силами) [1]. Це завдання поступово

реалізується шляхом вдосконалення існуючої в Збройних Силах України (далі – ЗС України) системи управління військами (силами) (далі – СУВ). Але нинішній стан такої системи не відповідає вимогам, які до неї висуваються [2]. Однією з причин такого стану є недосконалість існуючого методичного апарату, який

використовується для дослідження процесів управління військами. Зазначений методичний апарат не базується на єдиній математичній моделі процесу управління військами, через що не забезпечується дотримання єдиної методології обґрунтування вимог до СУВ. Це призводить до отримання лише переліку показників оцінювання СУВ та їх потрібних значень, обґрунтування яких зазвичай здійснюється з використанням в основному методів експертних оцінок. Крім того, наразі відсутня імітаційна модель, яка давала би змогу адекватно оцінювати процеси управління військами для різних варіантів побудови СУВ. Хоча, як відомо [3], використання методів імітаційного моделювання є магістральним напрямом підвищення ступеню обґрунтованості результатів досліджень процесів функціонування складних організаційно-технічних систем, до яких, безумовно, відноситься СУВ. Тому, вирішення питань, пов'язаних з імітаційним моделюванням процесу управління військами на сьогодні є актуальним науковим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз існуючих методичних підходів щодо моделювання систем управління військами показав, що їх застосування в інтересах обґрунтування шляхів і способів удосконалення СУВ не призводить до отримання достатньо обґрунтованих кількісних значень показників, що використовуються для оцінювання альтернативних варіантів побудови СУВ. В першу чергу, це стосується обґрунтування вимог до системи та процесів управління, оцінювання системи управління за складовими й варіантів організації роботи на пунктах управління. Тобто, завершена імітаційна модель системи управління військами, яка би дала можливість адекватно оцінювати ту чи іншу систему управління військами (силами), на сьогодні відсутня.

Результати аналізу науково-дослідних робіт [4-6], свідчать про можливість використання деяких математичних моделей для побудови імітаційних моделей, а саме: методів багатопараметричної ідентифікації характеристик функціонування складних систем (метод групового урахування аргументів, метод багатомірної лінійної екстраполяції, метод регресійного аналізу, метод аналізу ієрархій) [5]; комбінованого методу пошуку оптимальних рішень з використанням засобів теорії графів [6]; імітаційного моделювання [4]. У цих роботах акцентовано увагу на створення методичного апарату оцінювання процесів управління військами, організації управління військами (силами). Тому основні зусилля зосереджувалися в основному на обґрунтуванні показників, критеріїв їх оцінювання та способів підвищення їх точності, а питанням імітаційного моделювання увага практично не надається.

Метою статті є висвітлення суті дослідної імітаційної моделі системи управління військами, за

розроблення якої використані основні положення та методи теорії управління, а також прикладу її використання для дослідження тривірневої ієрархічної системи управління військами.

Виклад основного матеріалу дослідження

Розглянемо тривірневу ієрархічну систему управління оперативним угрупованням військ (надалі – ОУВ), результати досліджень функціонування якої викладено в [7]. На цих командно-штабних навчаннях система управління ОУВ складалася з таких органів та об'єктів управління (рис. 1):

на оперативному рівні:

орган управління – Командування ОУВ (надалі – КомОУВ);

об'єкт управління – три оперативно-тактичних угруповання військ (надалі – ОТУВ-1, ОТУВ-2, ОТУВ-3);

на оперативно-тактичному рівні:

три органи управління – командувань трьох ОТУВ, а саме: Командування ОТУВ-1, Командування ОТУВ-2 та Командування ОТУВ-3 (надалі – КомОТУВ-1, КомОТУВ-2 та КомОТУВ-3 відповідно);

дев'ять об'єктів управління – по три угруповання військ (УВ), а саме: УВ-11, УВ-12 та УВ-13, які підпорядковані КомОТУВ-1, УВ-21, УВ-22 та УВ-23, які підпорядковані КомОТУВ-2, та УВ-31, УВ-32 та УВ-33, які підпорядковані КомОТУВ-3;

на тактичному рівні:

дев'ять органів управління – Командування дев'яти УВ, а саме: Командування УВ-11, Командування УВ-12 та Командування УВ-13 (надалі КомУВ-11, КомУВ-12 та КомУВ-13 відповідно), Командування УВ-21, Командування УВ-22 та Командування УВ-23 (надалі КомУВ-21, КомУВ-22 та КомУВ-23 відповідно), Командування УВ-31, Командування УВ-32 та Командування УВ-33 (надалі КомУВ-31, КомУВ-32 та КомУВ-33 відповідно);

дев'ять об'єктів управління – УВ-11, УВ-12, УВ-13, УВ-21, УВ-22, УВ-23, УВ-31, УВ-32, УВ-33.

Як відомо [8], управління військами може бути представлено як процес, у якому орган управління на підставі проведеного аналізу отриманих даних про стан об'єкту (оператор) виробляє рішення (оператор) та доводить його до військ, які є об'єктом управління (рис. 1). Водночас, управлінські рішення $\vec{u}$, які відпрацьовуються ОУ, надходять до ОТУВ-1, ОТУВ-2 та ОТУВ-3 як управлінські рішення $\vec{u}_1$, $\vec{u}_2$ та $\vec{u}_3$ відповідно, тобто управлінське рішення є вектором $\vec{u} = (\vec{u}_1, \vec{u}_2, \vec{u}_3)$.

Інформація щодо стану ОТУВ-1, ОТУВ-2 та ОТУВ-3 $\vec{x}_1$, $\vec{x}_2$ та $\vec{x}_3$, відповідно, надходить до ОУ також у вигляді вектору $\vec{x} = (\vec{x}_1, \vec{x}_2, \vec{x}_3)$.

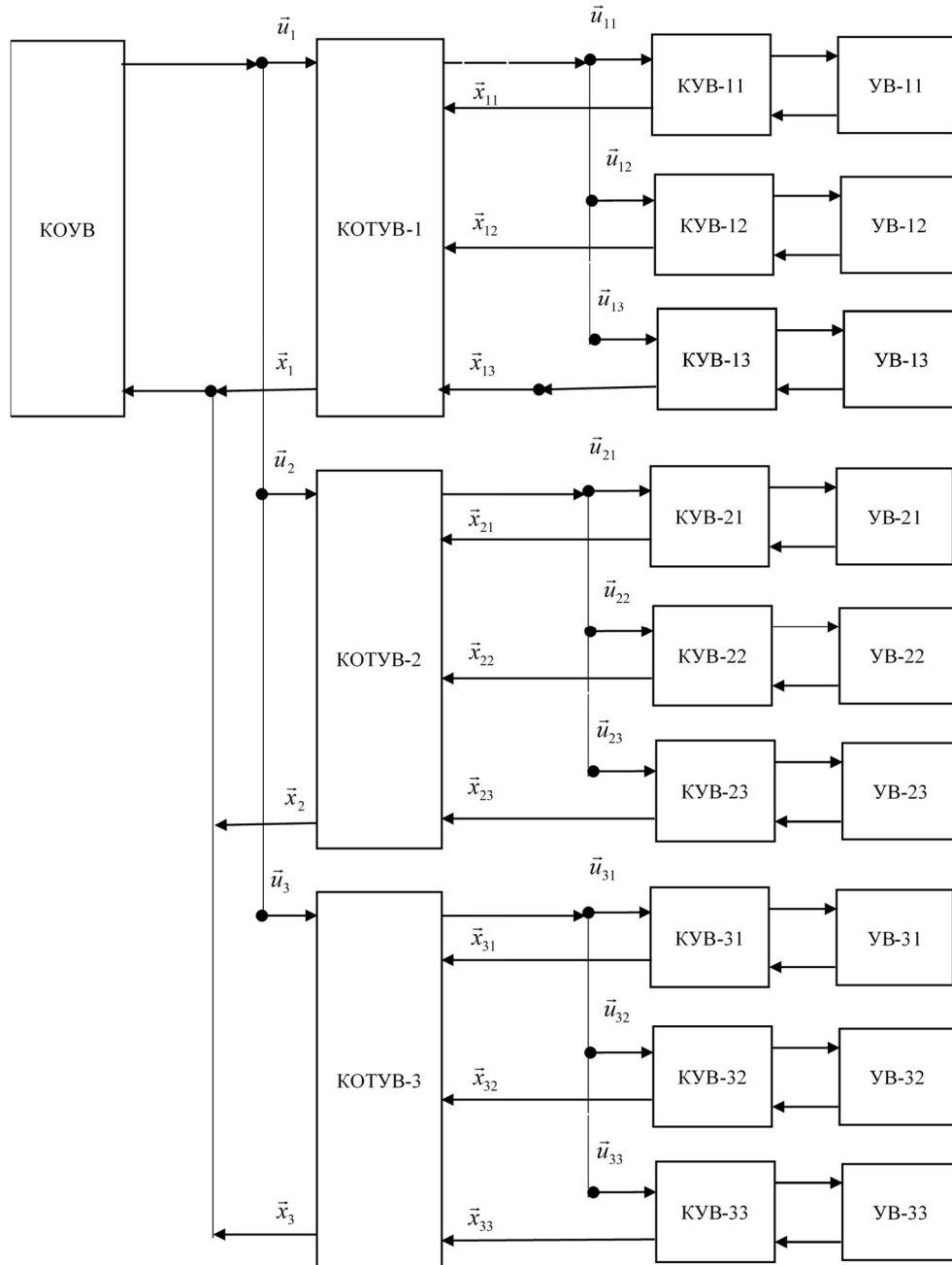


Рисунок 1 – Загальна схема системи управління оперативним угрупованням військ

До системи управління ОТУВ належать орган управління – Командування ОТУВ (далі – КОТУВ) та об’єкт управління – ОТУВ, налічує три угруповання військ (далі – УВ) (рис. 2).

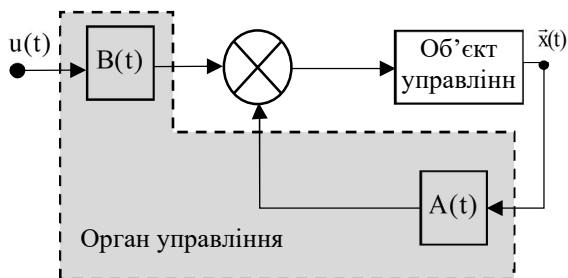


Рисунок 2 – Модель процесу управління військами

Згідно із [8] математична модель процесу управління військами може бути наведена, в загальному випадку, у вигляді диференціального рівняння:

$$\dot{\bar{x}}(t) = A(t)\bar{x}(t) + B(t)\bar{u}(t), \quad (1)$$

де $\bar{x}(t)$ – вектор параметрів стан об’єкта управління;

$\bar{u}(t)$ – вектор параметрів управлінського рішення;

$A(t)$ – оператор, який описує якість роботи органу управління щодо оцінювання стану об’єкту управління;

$B(t)$ – оператор, який описує якість роботи органу управління щодо вироблення управлінського рішення $\bar{u}(t)$.

Використовуючи такий підхід і враховуючи, що в наведеній на рис. 1 системі управління ОУВ не передбачається пряме управління угрупованнями військ ані командуванням ОУВ, ані командуваннями ОТУВ, то згідно з теорією управління для опису функціонування такої СУВ можна [9]:

по-перше, побудувати блок-схему алгоритму функціонування системи управління ОУВ, яку наведено на рис. 3 [11], та записати наступну систему диференціальних рівнянь:

$$\frac{d}{dt} \bar{x}_{\text{ОУВ}} = A_{\text{ОУВ}} \bar{x}_{\text{ОУВ}} + B_{\text{ОУВ}} \bar{u}_{\text{ОУВ}}, \quad (2)$$

де $\bar{x}_{\text{ОУВ}} = (\bar{x}_{\text{УВ-11}}, \bar{x}_{\text{УВ-12}}, \bar{x}_{\text{УВ-13}}, \bar{x}_{\text{УВ-21}}, \bar{x}_{\text{УВ-22}}, \bar{x}_{\text{УВ-23}}, \bar{x}_{\text{УВ-31}}, \bar{x}_{\text{УВ-32}}, \bar{x}_{\text{УВ-33}})^T$ – вектор-стовпець параметрів стану угруповань військ ОУВ;

$\bar{u}_{\text{ОУВ}} = (\bar{u}_{\text{УВ-11}}, \bar{u}_{\text{УВ-12}}, \bar{u}_{\text{УВ-13}}, \bar{u}_{\text{УВ-21}}, \bar{u}_{\text{УВ-22}}, \bar{u}_{\text{УВ-23}}, \bar{u}_{\text{УВ-31}}, \bar{u}_{\text{УВ-32}}, \bar{u}_{\text{УВ-33}})^T$ – вектор-стовпець параметрів управлінських рішень для угруповань військ ОУВ;

$A_{\text{ОТУВ-1}} = A_{\text{УВ-11}} \oplus A_{\text{УВ-12}} \oplus A_{\text{УВ-13}},$

$A_{\text{ОТУВ-2}} = A_{\text{УВ-21}} \oplus A_{\text{УВ-22}} \oplus A_{\text{УВ-23}}$ та

$A_{\text{ОТУВ-3}} = A_{\text{УВ-31}} \oplus A_{\text{УВ-32}} \oplus A_{\text{УВ-33}}$ – оператори, які описують якість оцінювання стану угруповань військ УВ-11, УВ-12, УВ-13, УВ-21, УВ-22, УВ-23, УВ-31, УВ-32 та УВ-33 органами управління ОТУВ-1, ОТУВ-2 та ОТУВ-3 відповідно;

$A_{\text{УВ-11}}, A_{\text{УВ-12}}, A_{\text{УВ-13}}, A_{\text{УВ-21}}, A_{\text{УВ-22}}, A_{\text{УВ-23}}, A_{\text{УВ-31}}, A_{\text{УВ-32}}$ та $A_{\text{УВ-33}}$ – оператори, які описують якість оцінювання стану угруповань військ УВ-11, УВ-12, УВ-13, УВ-21, УВ-22, УВ-23, УВ-31, УВ-32 та УВ-33 органами управління УВ відповідно;

$B_{\text{ОУВ}} = B_{\text{ОТУВ-1}} \oplus B_{\text{ОТУВ-2}} \oplus B_{\text{ОТУВ-3}}$ – оператор, який є діагональною клітинною матрицею та описує якість вироблення управлінських рішень для оперативно-тактичних угруповань військ органом управління ОУВ;

$B_{\text{ОТУВ-1}} = B_{\text{УВ-11}} \oplus B_{\text{УВ-12}} \oplus B_{\text{УВ-13}},$

$B_{\text{ОТУВ-2}} = B_{\text{УВ-21}} \oplus B_{\text{УВ-22}} \oplus B_{\text{УВ-23}}$ та

$B_{\text{ОТУВ-3}} = B_{\text{УВ-31}} \oplus B_{\text{УВ-32}} \oplus B_{\text{УВ-33}}$ – оператори, які описують якість вироблення управлінського рішення угрупованням військ УВ-11, УВ-12, УВ-13, УВ-21, УВ-22, УВ-23, УВ-31, УВ-32 та УВ-33 органами управління ОТУВ-1, ОТУВ-2 та ОТУВ-3 відповідно;

$B_{\text{УВ-11}}, B_{\text{УВ-12}}, B_{\text{УВ-13}}, B_{\text{УВ-21}}, B_{\text{УВ-22}}, B_{\text{УВ-23}},$

$B_{\text{УВ-31}}, B_{\text{УВ-32}}$ та $B_{\text{УВ-33}}$ – оператори, які описують якість вироблення управлінського рішення угрупованням військ УВ-11, УВ-12, УВ-13, УВ-21, УВ-22, УВ-23, УВ-31, УВ-32 та УВ-33 органами управління УВ відповідно;

по-друге, розробити імітаційну модель, що призначена для проведення досліджень системи управління військами (далі – СУВ) (рис. 4).

Імітаційна модель розроблена з використанням системи імітаційного моделювання Simulink пакету MatLab (версія 6.*). Алгоритм роботи імітаційної моделі наступний (рис. 4).

З Блоку Step на вхід системи управління ОУВ, тобто на блок В1, надходить управляюче рішення u з органу управління, який знаходиться вище за ієрархією.

Блок В1 складається з двох блоків: блоку В.1, який описує якість роботи КомОУВ щодо вироблення управляючих рішень для командувань ОТУВ-1, 2 та 3, та блоку ТВ.1, який враховує затримку у виробленні цього рішення. На виході блоку В1 формується управляюче рішення $B1u$.

На блок А1 надходить інформація x про стан ОТУВ-1, 2 та 3. Блок А1 також складається з двох блоків: блоку А.1, який описує якість роботи КомОУВ щодо оцінювання стану ОТУВ-1, 2 та 3, та блоку ТА.1, який враховує затримку по часу в оцінюванні їх стану. На виході блоку А1 формується рішення щодо стану ОУВ.

У блоці S.1 здійснюється формування управляючих рішень $u1$, $u2$ та $u3$ для ОТУВ-1, 2 та 3 відповідно, які формуються на підставі вироблених рішень у блоках В1 та А1.

Управляючі рішення $u1$, $u2$ та $u3$ поступають на блоки В11, В12 та В13, кожний з яких складається з двох блоків: блоку В.1.1 (блоку В.1.2 та блоку В.1.3), який описує якість роботи КомОТУВ-1 (КомОТУВ-2 та КомОТУВ-3 відповідно) щодо вироблення управляючих рішень для командування ОТУВ-1 (ОТУВ-2 та ОТУВ-3 відповідно), та блоку ТВ.1.1 (блоку ТВ.1.2. та блоку ТВ.1.3), який враховує затримку у виробленні цього рішення.

На виході блоку В.1.1 (блоку В.1.2 та блоку В.1.3) формуються управляючі рішення.

На блоки А11, А12 та А13 надходить інформація $x1$ про стан УВ-11, 12 та 13 (інформація $x2$ про стан УВ-21, 22 та інформація $x3$ про стан 23 і УВ-31, 32 та 33 відповідно). Блоки А11, А12 та А13 також складаються з двох блоків: блоку АТ.1.1 (блоків АТ.1.2 та АТ.1.3 відповідно), який описує якість роботи КомОТУВ-1 (КомОТУВ-2 та КомОТУВ-3 відповідно) щодо оцінювання стану УВ-11, 12 та 13 (УВ-21, 22 та 23 і УВ-31, 32 та 33 відповідно), та блоку ТА.1, який враховує затримку по часу в оцінюванні їх стану. На виході блоків А11, А12 та А13 формується рішення щодо стану ОТУВ-1, 2 та 3 відповідно.

У блоках S.1.1, S.1.2 та S.1.3 здійснюється формування управляючих рішень $u11$, $u12$ та $u13$ ($u21$, $u22$ та $u23$ і $u31$, $u32$ та $u33$ відповідно) для УВ-11, 12 та 13 (УВ-21, 22 та 23 і УВ-31, 32 та 33) відповідно, які формуються на підставі вироблених рішень у блоках В11 (В12 та В13) та А11 (А12 та А13).

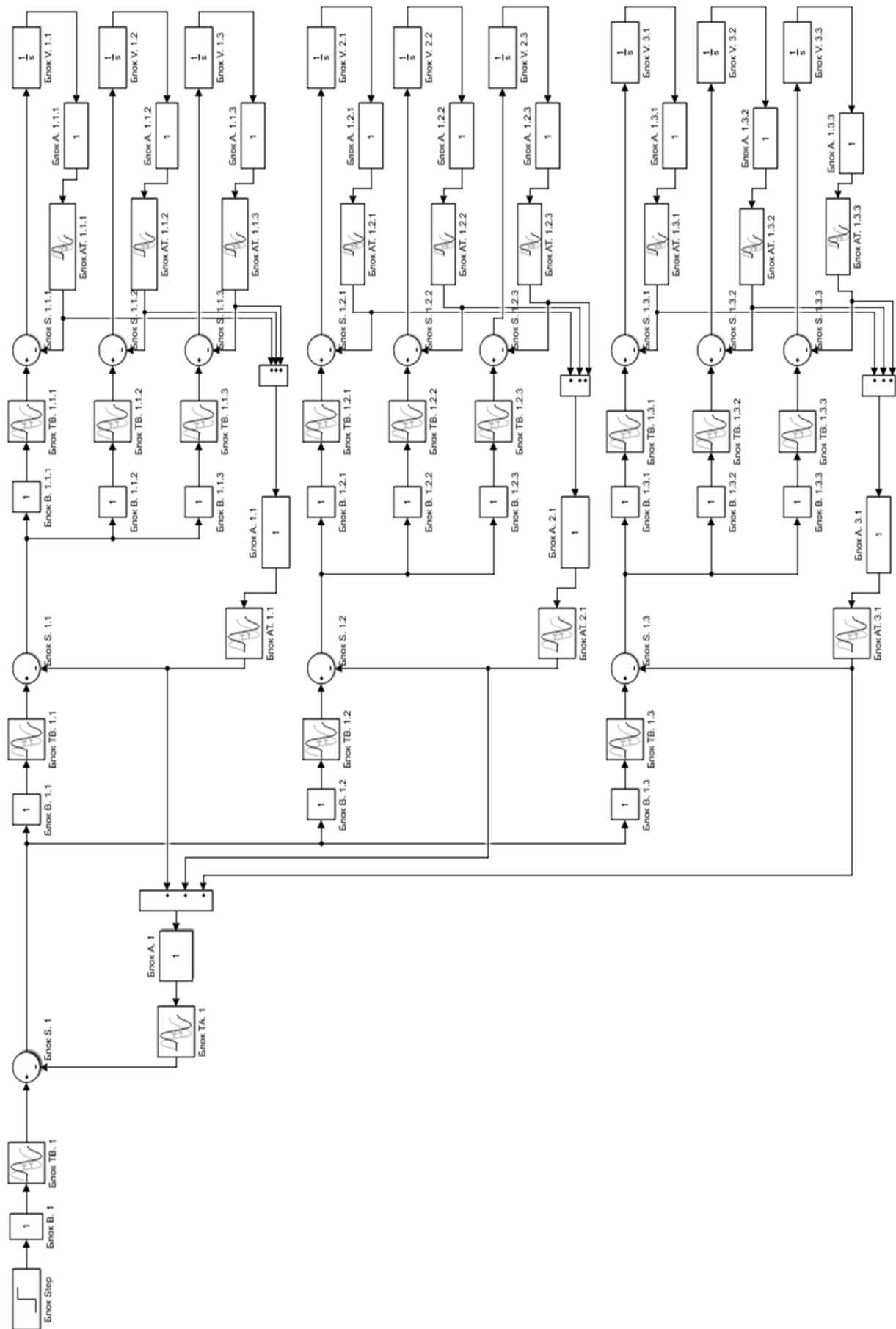


Рисунок 4 – Блок-схема імітаційної моделі системи управління оперативним угрупованням військ

Управляючі рішення u_{11} , u_{12} та u_{13} (u_{21} , u_{22} , u_{23} та u_{31} , u_{32} , u_{33}) поступають на блоки B111, B112 та B113 (блоки B121, B122, B123 та B131, B132, B133), кожний з яких також складається з двох блоків: блоку B.1.1.1 (блоків B.1.1.2, B.1.1.3, B.1.2.1, B.1.2.2, B.1.2.3 та B.1.3.1, B.1.3.2, B.1.3.3), який описує якість роботи КомУВ-11 (КомУВ-12, КомУВ-13, КомУВ-21, КомУВ-22, КомУВ-23, КомУВ-31, КомУВ-32 та КомУВ-33 відповідно) щодо вироблення управляючих рішень для командування УВ-11 (УВ-12, УВ-13, УВ-21, УВ-22, УВ-23, УВ-31, УВ-32 та УВ-33 відповідно), та блоку ТВ.1.1.1 (блоків ТВ.1.1.2, ТВ.1.1.3, ТВ.1.2.1, ТВ.1.2.2, ТВ.1.2.3 та ТВ.1.3.1, ТВ.1.3.2, ТВ.1.3.3), який враховує затримку у виробленні цього рішення. На виході блоку B.1.1.1 (блоків B.1.1.2, B.1.1.3, блоки B.1.2.1, B.1.2.2, B.1.2.3 та B.1.3.1, B.1.3.2, B.1.3.3) формується управляюче рішення.

На блоки A111, A112 та A113 (блоки A121, A122, A123 та A131, A132, A133) надходить інформація x_{11} , x_{12} та x_{13} (x_{21} , x_{22} , x_{23} та x_{31} , x_{32} , x_{33}) про стан УВ-11, 12 та 13 (УВ-21, УВ-22, УВ-23, УВ-31, УВ-32 та УВ-33 відповідно). Блоки A111, A112 та A113 (блоки A121, A122, A123 та A131, A132, A133) також складаються з двох блоків: блоку A.1.1.1 (блоків A.1.1.2, A.1.1.3, A.1.2.1, A.1.2.2, A.1.2.3 та A.1.3.1, A.1.3.2, A.1.3.3), який описує якість роботи КомУВ-11 (КомУВ-12 та КомУВ-13, КомУВ-21, КомУВ-22, КомУВ-23, КомУВ-31, КомУВ-32 та КомУВ-33 відповідно) щодо оцінювання стану УВ-11 (УВ-12, УВ-13, УВ-21, УВ-22, УВ-23, УВ-31, УВ-32 та УВ-33 відповідно), та блоку ТА.1.1.1 (блоків ТА.1.1.2, ТА.1.1.3, ТА.1.2.1, ТА.1.2.2, ТА.1.2.3 та ТА.1.3.1, ТА.1.3.2, ТА.1.3.3), який враховує затримку по часу в оцінюванні їх стану. На виході блоку A.1.1.1 (блоків A.1.1.2, A.1.1.3, A.1.2.1, A.1.2.2, A.1.2.3 та A.1.3.1, A.1.3.2, A.1.3.3) формується рішення щодо стану УВ-11, 12 та 13 (УВ-21, УВ-22, УВ-23, УВ-31, УВ-32 та УВ-33 відповідно).

У блоках S.1.1.1, S.1.1.2 та S.1.1.3 (блока S.1.2.1, S.1.2.2 та S.1.2.3, блока S.1.3.1, S.1.3.2 та S.1.3.3) здійснюється формування управляючих рішень для УВ-11, 12 та 13 (УВ-21, 22 та 23 і УВ-31, 32 та 33) відповідно, які формуються на підставі вироблених рішень у блоках B.1.1.1 (блоки B.1.1.2, B.1.1.3, блоки B.1.2.1, B.1.2.2, B.1.2.3 та B.1.3.1, B.1.3.2, B.1.3.3) та блоках A.1.1.1 (блоки A.1.1.2, A.1.1.3, A.1.2.1, A.1.2.2, A.1.2.3 та A.1.3.1, A.1.3.2, A.1.3.3).

Відповідно до [10], для аналізу СУ ОУВ на вхід системи подано управляючий сигнал (управляюче рішення) у вигляді функції типу «сходінка» одиничної амплітуди (рис. 5).

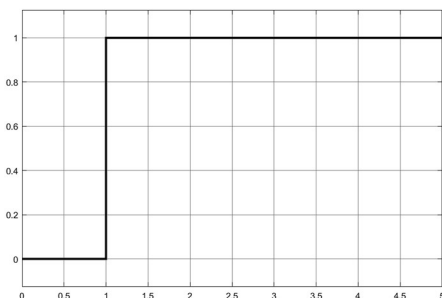


Рисунок 5 – Управляюче рішення (сигнал типу «сходінка» одиничної амплітуди)

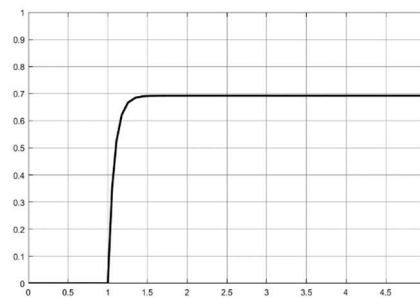


Рисунок 6 – Реакція СУ оперативним угрупованням військ (стабільна та стійка)

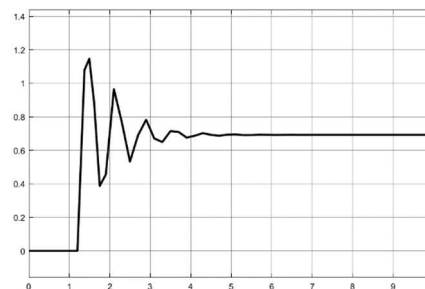


Рисунок 7 – Реакція СУ оперативним угрупованням військ (нестабільна та стійка)

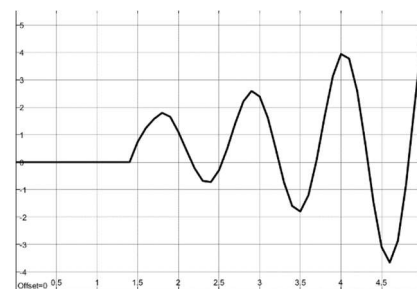


Рисунок 8 – Реакція СУ оперативним угрупованням військ (нестабільна та нестійка)

За допомогою імітаційної моделі було проведено аналіз СУ ОУВ, за різних значень якості та тривалості процесів щодо вироблення управлінського рішення (блоки В та ТВ моделі) q оцінювання стану підпорядкованих військ (сил) (блоки А й ТА моделі), реакція СУ ОУВ може бути різною. Так, у:

першому випадку, коли параметри СУ ОУВ на різних рівнях управління не сильно відрізняються від нормативних значень, система управління веде себе як стабільна та стійка (рис. 6);

другому випадку, коли параметри СУ ОУВ на окремих рівнях управління сильно відрізняються від нормативних значень, система управління веде себе як нестабільна, але стійка (рис. 7);

третьому випадку, коли параметри СУ ОУВ сильно відрізняються від нормативних значень, система управління веде себе як нестабільна та нестійка (рис. 8).

Висновки й перспективи подальших досліджень

Запропонована імітаційна модель для дослідження систем управління військами (силами), які мають будь-яку кількість рівнів ієрархії. Ця імітаційна модель дає

змогу дослідити вплив рівнів управління військами на перебіг основних заходів управління військами.

Використання такої моделі під час проведення наукових досліджень стосовно вдосконалення системи управління військами дасть змогу значно підвищити ступінь обґрунтованості відповідних пропозицій та рекомендацій, оскільки вона побудована на основі підходів та методів загальної теорії управління.

З метою підвищення обґрунтованості результатів розрахунків, отриманих за допомогою розробленої

моделі подальші дослідження доцільно здійснювати у напрямі заміщення у блоках вироблення управлінських рішень та оцінювання стану підпорядкованих угруповань військ показників, значення яких отримане за результатами командно-штабних навчань або експертних опитувань на значення цих показників, які можуть бути отримані за результатами детального моделювання.

Список бібліографічних посилань

1. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року «Про Стратегічний оборонний бюлетень України»: Указ Президента України від 06.06.2016 № 240/2016. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/2402016-20137> (дата звернення: 02.03.2025). 2. Про Концепцію розвитку сектору безпеки і оборони України: Указ Президента України від 14.03.2016 № 92/2016. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002525-16#Text> (дата звернення: 02.03.2025). 3. Ткаченко В. І., Смірнов С. Б. та ін. Теорія прийняття рішень органами військового управління: монографія / за ред. В. І. Ткаченка, С. Б. Смірнова. Харків: ХНУАП, 2008. 545 с. 4. Островський С. М. Обґрунтування вимог до системи управління оперативного угруповання військ: дис. ... канд. військ. наук: 20.02.12 / Островський Сергій Миколайович. Київ: ЦНДІ ЗС України, 2019. 187 с. 5. Кірсанов С. О. Методичні основи математичного моделювання функціонування автоматизованої системи управління військами: дис. ... докт. техн. наук: 01.05.02 / Кірсанов

Сергій Олександрович. Київ: ЦНДІ ЗС України, 2023. 537 с. 6. Довідник з теорії автоматичного управління / під ред. А. А. Красовського. : «Наука», 1987. 712 с. 7. Алтухов П. Основы теории управления войсками. Москва: Военное издательство, 1984. 222 с. 8. Фурманов К. В., Шовкошитний І. І., Тимофєєв А. В. Щодо обґрунтування вимог до процесу управління видами оперативного забезпечення. *Зб. наук. праць ЦНДІ ЗС України*. 2012. № 3(61). С. 53–63. 9. Месарович М., Мако Д., Такаха І. Теория иерархических многоуровневых систем. Москва: Мир, 1973. 344 с. 10. Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Череди́ков О. М., Тре́йтяк В. В. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. Київ: НАУ, 2017. 392 с. 11. Гусак Ю. А., Кірсанов С. А., Власюк В. М., Старинський І. М., Шовкошитний І. І. Математична модель багаторівневої ієрархічної системи управління угрупованнями військ. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки і оборони*. 2024. № 3(51). С. 23–33. DOI:10.33099/2311-7249/2024-51-3-23-33.

A SIMULATION MODEL FOR STUDYING HIERARCHICAL CONTROL SYSTEMS FOR AN OPERATIONAL GROUPING OF TROOPS

HUSAK Yurii, Doctor of Military Sciences, Professor, National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-3423-2112>

STARINSKYI Ivan, Candidate of Technical Sciences, National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-2001-7718>

Problem Statement. One of the priority tasks of Ukraine's defense reform is establishing an effective troop management system (TMS). However, existing methodological approaches for studying troop management processes lack a unified mathematical model, making it difficult to justify requirements for TMS. The absence of a standardized methodology leads to expert assessments without proper process modeling, which reduces the quality of decision-making. Therefore, developing a simulation model that enables the evaluation of different TMS structures and assesses the effectiveness of management decisions is a relevant scientific challenge.

Research Methods. The study applies control theory methods, including multi-parameter identification, simulation modeling, and decision optimization. The developed model, implemented in MATLAB Simulink, uses discrete-event simulation to analyze troop management dynamics. System dynamics and network analysis are integrated to evaluate decision-making efficiency at different command levels.

Analysis of Recent Research and Publications. Recent studies highlight the growing role of simulation modeling, AI, and agent-based approaches in military command systems. Advances in AI-driven wargaming, digital twins, and decision optimization enhance operational effectiveness. However, existing models remain fragmented, lacking a unified methodology for evaluating hierarchical command structures. This study addresses these gaps by developing a comprehensive simulation model for troop management analysis.

Main Material Presentation. This study introduces a simulation model for hierarchical troop management based on control theory. The model integrates strategic, operational, and tactical levels, using differential equations to analyze decision-making efficiency. Implemented in MATLAB Simulink, it evaluates command structures and optimizes management processes. The model enhances adaptability and decision accuracy, addressing gaps in existing

methodologies.

Elements of Scientific Novelty. The study presents a novel simulation model for hierarchical troop management, integrating control theory and multi-level decision analysis. Unlike existing models, it provides a unified mathematical framework for assessing command efficiency. The approach improves operational adaptability by simulating dynamic decision-making processes and optimizing troop management structures.

Theoretical and Practical Significance of the Article. The study enhances troop management theory by introducing a unified simulation model based on control principles. It provides a tool for military command to optimize decision-making, improve operational efficiency, and enhance adaptability in dynamic combat environments. The model can be applied in defense planning and training.

Conclusions and Future Research Prospects. The developed simulation model enhances troop management efficiency by providing a structured framework for decision-making analysis. It improves adaptability and optimization of command structures. Future research will focus on refining the model's parameters, incorporating real-time data, and expanding its applicability to complex military operations.

Keywords: troop management system, simulation modeling, multi-level hierarchical structure, control theory, decision optimization, mathematical model, management process analysis, adaptability of management decisions.

References

1. On the decision of the National Security and Defence Council of Ukraine dated May 20, 2016, «On the Strategic Defense Bulletin of Ukraine» [online], (2016). Decree of the President of Ukraine № 240/2016, 6 June. Available at: <https://www.president.gov.ua/documents/2402016-20137> [Accessed: 02 March 2025].
2. On the Concept of Development of the Security and Defence Sector of Ukraine [online], (2016). Decree of the President of Ukraine № 92/2016, 14 March. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002525-16#Text> [Accessed: 02 March 2025].
3. Tkachenko, V. I., Smirnov, Ye. B. et al., (2008). *Decision-making theory in military command bodies: monograph*, edited by V. I. Tkachenko and Ye. B. Smirnov. Kharkiv : KhNUAP.
4. Ostrovskiy, S. M., (2019). *Justification of requirements for the control system of an operational troop group: PhD dissertation in military sciences (20.02.12)*. Kyiv: Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine.
5. Kirsanov, S. O., (2023). *Methodological foundations of mathematical modeling of the functioning of an automated troop control system: Doctoral dissertation in technical sciences (01.05.02)*. Kyiv: Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine.
6. Krasovsky, A. A. (ed.), (1987). *Handbook on automatic control theory*. Moscow: Nauka.
7. Altukhov, P., (1984). *Fundamentals of troop control theory*. Moscow: Military Publishing House.
8. Furmanov, K. V., Shovkoshytnyi, I. I., Timofieiev, A. V., (2012). On the justification of requirements for the management process of operational support types. *Collection of scientific papers of the Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine*, 3(61), 53-63.
9. Mesarovic, M., Mako, D., Takahara, I., (1973). *Theory of hierarchical multilevel systems*. Moscow : Mir.
10. Pavlenko, P. M., Filonenko, S. F., Cherednikov, O. M., Treitiak, V. V., (2017). *Mathematical modeling of systems and processes: textbook*. Kyiv: NAU.
11. Husak, Yu. A., Kirsanov, S. A., Vlasiuk, V. M., Starynskyi, I. M., Shovkoshytnyi, I. I., (2024). Mathematical model of a multi-level hierarchical troop control system. *Modern Information Technologies in the Field of Security and Defense*, 3(51), 23–33. DOI: 10.33099/2311-7249/2024-51-3-23-33.

Рукопис надійшов до редакції	10.03.2025
Рукопис прийнято до друку після рецензування	07.04.2025
Дата публікації	30.04.2025